

**9. EFECTO JOULE****TAREA DE PREPARACIÓN**

Nombre Estudiante: \_\_\_\_\_ Código: \_\_\_\_\_ Plan: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Lea cuidadosamente la guía para esta práctica, consulte la bibliografía dada al final de la misma y responda las siguientes preguntas antes de la realización de la práctica.

1. Explique lo más clara y brevemente posible el significado de las siguientes cantidades y/o conceptos:
  - Una caída de voltaje de 5V en una resistencia dada.
  - Una caloría.
  - Calor específico de una sustancia dada.
  - Potencia eléctrica suministrada por una fuente de voltaje a un conductor.
  - Potencia eléctrica consumida por una resistencia dada.
2. Por una resistencia  $R$  circula una corriente de 3.25 amperios y la caída de potencial entre sus extremos es de 5.76 voltios. Cuál es el valor de  $R$ ? Cuál es la potencia que disipa?
3. Si la resistencia del problema 2 se coloca en un calorímetro de aluminio (Calor específico del aluminio =  $0.22 \text{ cal/gr}^{\circ}\text{C}$ ) de masa 60 gr, con 200 gramos de agua a  $24^{\circ}\text{C}$ . (Desprecie la capacidad calorífica de la resistencia). ¿Cuál es la temperatura del sistema 500 segundos más tarde, suponiendo que toda la energía eléctrica se convierte en calor en el agua y en el calorímetro?
4. Suponga que el líquido usado en el calorímetro es otro diferente al agua con un calor específico de  $0.25 \text{ cal/gr}^{\circ}\text{C}$ ; ¿Cuál es la temperatura del sistema 500 segundos más tarde, suponiendo que toda la energía eléctrica se convierte en calor en el agua y en el calorímetro?
5. Identifique cada una de las magnitudes físicas que Usted va a medir en este experimento. Cuáles son las magnitudes físicas descritas en la ecuación que describe el fenómeno físico.

## 9. EFECTO JOULE

### 1. OBJETIVO

- Encontrar la relación entre la Energía potencial eléctrica perdida en un elemento resistivo y el Calor ganado por el sistema calorímetro más agua.
- Determinar el equivalente eléctrico del calor usando el principio de conservación de la energía.

### 2. MODELO TEÓRICO

Toda resistencia eléctrica libera calor cuando una corriente eléctrica circula a través de ella. Esta conversión de energía eléctrica en calor es conocida como **Efecto Joule**. El calor liberado por la resistencia es absorbido por el medio que lo rodea.

La ley de Joule establece que la potencia  $P$  ó rapidez con que se disipa energía eléctrica en forma de calor en el resistor esta dado por  $P = dW/dt = VI$ , siendo  $V$  la caída de potencial en la resistencia,  $I$  la corriente que circula por ella. La energía eléctrica cedida durante el tiempo  $t$  es:

$$W = \int P dt = VI(t_f - t_i) \quad (1)$$

Suponga, por ejemplo, que una resistencia  $R$  está sumergida en cierta cantidad de agua  $M_{\text{agua}}$  a una temperatura  $T_i$  y que el agua a su vez esta contenida dentro de un calorímetro de masa  $M_{\text{cal}}$ . Considerando que por el principio de conservación de energía, toda la energía eléctrica se transforma en energía calórica  $Q$ :

$$W = VI(t_f - t_i) \propto Q \quad (2)$$

De otro lado tenemos que el valor ganado por el sistema,  $Q_{\text{sis}}$ , agua mas calorímetro, puede determinarse mediante la expresión:

$$\begin{aligned} Q_{\text{sist}} &= Q_{\text{agua}} + Q_{\text{cal}} \\ Q_{\text{sist}} &= (M_{\text{agua}} c_{\text{agua}} + M_{\text{cal}} c_{\text{cal}}) \Delta T \end{aligned} \quad (3)$$

En donde  $c_{\text{agua}}$  y  $c_{\text{cal}}$ , corresponden al calor específico del agua y del calorímetro respectivamente,  $\Delta T$  representa el incremento en la temperatura por encima del valor inicial  $T_i$ .

Si la energía eléctrica la hemos calculado en joules y la calórica en calorías, los valores de  $W$  y  $Q$  no son numéricamente iguales, así que podemos calcular el valor en joules correspondiente a una caloría, llamado **el equivalente mecánico del calor J**:

$$J = \left[ \frac{W}{Q} \right] = \left[ \frac{VI}{\sum Mc} \frac{\Delta t}{\Delta T} \right] = 4.186 \text{ Joules/caloría} \quad (4)$$

Rescribiendo la ecuación (4), si las magnitudes físicas mesurables son la temperatura del baño de agua y el tiempo se tiene:

$$(\sum Mc) \Delta T = \frac{1}{J} (VI) \Delta t$$

En una gráfica de temperatura  $T$  en función del tiempo  $t$ , la pendiente  $m$ , en  $^{\circ}\text{C/s}$ , está dada por:

$$m = \frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{1}{J} \frac{VI}{\sum Mc}$$

Así que si la pendiente de la gráfica  $T$  vs  $t$  se multiplica por el producto  $VI$  y se divide por el factor  $\sum Mc$ , nos da el inverso de la constante  $J$  en Joules/caloría, así:

$$\begin{aligned} (\sum Mc) \Delta T &= \frac{1}{J} (VI) \Delta t \\ (\sum Mc) (T_f - T_i) &= \frac{1}{J} (VI) (t_f - t_i) \\ T(t) &= \frac{1}{J} \frac{VI}{\sum Mc} t - T_i \end{aligned} \quad (5)$$

Esto nos permite medir experimentalmente esta constante conocida como el equivalente mecánico del calor,  $J$ .

Como no es posible conocer con precisión todos los sumandos dentro la sumatoria, (todos los términos de masa por capacidad calorífica de todos los materiales que están en contacto con el agua, por ejemplo, el mismo filamento y sus electrodos) entonces, no se puede calcular  $J$  con la precisión necesaria. Pero de la expresión para la pendiente  $m$  en la ecuación (5) obtenemos:

$$\frac{1}{m} = \frac{J}{(VI)} \sum Mc = \frac{J}{(VI)} M_{\text{agua}} c_{\text{agua}} + \frac{J}{(VI)} (M_{\text{cal}} c_{\text{cal}} + M_{\text{resis}} c_{\text{resis}} + \dots) \quad (6)$$

Expresión lineal entre las variables  $1/m$  (inverso de pendiente) y masa del agua,  $M_{\text{agua}}$ . Tenemos los datos experimentales para el inverso de la pendiente ( $1/m$ ) y la masa de agua ( $M_{\text{agua}}$ ) respectiva. Graficando estas dos variables, su pendiente es proporcional a la capacidad calorífica del agua, multiplicado por factores que son determinados experimentalmente directamente en el laboratorio.

### 3. DISEÑO EXPERIMENTAL

#### 3.1 Materiales y Equipo

- Calorímetro con resistencia eléctrica
- Fuente de potencial de 6 V<sub>DC</sub>
- Reóstato 0 → 44 Ω, I<sub>máx</sub> = 3.5 A
- Cables de conexión
- Termómetro
- Cronómetro
- Amperímetro
- Voltímetro
- Balanza

*Para la parte de toma de datos automatizada se necesita adicionalmente:*

- Disco con los programas del sistema interfase
- Detector de temperatura (Temperature Detector CI - 6505)
- Detector de voltaje (Voltage Detector CI - 6503)
- Fuente de voltaje DC (ITT Instruments AX 321metrix)

**NOTA:** Si alguno de los equipos listados anteriormente no se encuentra en su mesa de trabajo, notifíquelo a su monitor o profesor.

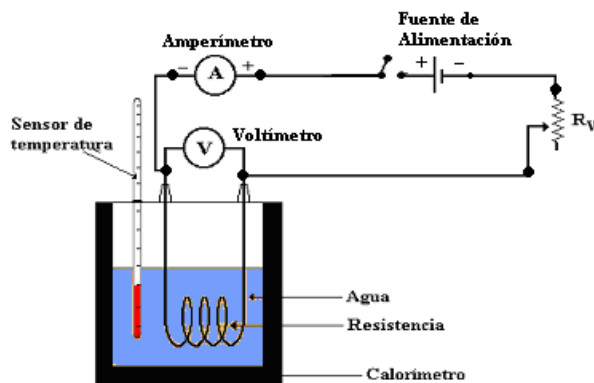
#### 3.2 Método Experimental

1. El sistema en estudio consiste en un circuito simple con elemento resistivo al cual podemos medirle voltaje, corriente y temperatura en función del tiempo. Como sabemos, el paso de cargas a través de la resistencia produce calentamiento (disipación de energía eléctrica en forma de calor) y en este experimento pretende medir este calor disipado. Colocando la resistencia en un calorímetro con agua y midiendo el aumento de la temperatura del agua en el calorímetro
2. Las variables del sistema son la caída de potencial en la resistencia del calentador  $V_R$ , la corriente eléctrica  $I$  que circula por la resistencia, la temperatura inicial  $T_i$  y la temperatura final  $T_f$  después de un tiempo  $t$  dado.

#### 3.3 Montaje

1. Con el equipo que le ha sido entregado proceda a realizar el montaje experimental de la siguiente manera:
  - \* Pese el vaso pequeño del calorímetro, vacío y sin el anillo de caucho que le rodea
  - \* Vierta en el vaso cierta cantidad de agua (alrededor de 200g) y péselo nuevamente; por diferencia halle la masa del agua añadida.
2. Con el reóstato o resistencia variable y la fuente de voltaje construya un circuito simple como el de la figura 7.1 y ajuste tanto el reóstato como la fuente para que circule una corriente de 2 a 3 A aproximadamente. **ADVERTENCIA : ¡nunca lleve el reóstato a cero!**. Desmonte luego el circuito, dejando fijas la posición del reóstato y de las perillas de la fuente de voltaje.
3. Tape el calorímetro e introduzca el extremo sensible del detector de temperatura dentro del mismo; luego conecte el otro extremo del detector al canal A de la caja de interfase.

**ADVERTENCIA:** Cerciórese siempre de que la resistencia este completamente sumergida en el agua y de que el detector está justamente en contacto con el agua, debajo de su superficie sin tocar ni la resistencia de calentamiento ni las paredes del calorímetro.



*Figura 7. 1. Circuito eléctrico para el estudio del Efecto Joule.*

#### 4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

*Nota:* Registre todas sus medidas y lecturas en la tabla 1 de la Hoja de Informe, incluyendo la incertidumbre de las misma.

- 4.1. Las primeras mediciones a realizar deben ser las masas del agua fría y del calorímetro (únicamente el recipiente que participa en la transferencia de calor).
- 4.2. Cierre el interruptor y simultáneamente dispense el cronómetro. Lleve los **valores iniciales** de I, V y  $T_i$  a la tabla de datos. Tome los valores de T, I, V en función del tiempo de tal manera que tenga por lo menos 10 datos y que la temperatura final sea por lo menos 10°C por encima de la temperatura inicial. Use el **agitador** para obtener una distribución equilibrada del calor en el agua
- 4.3. Cambie el agua del calorímetro en dos ocasiones más y en cada caso reelige nuevamente la toma de datos. La cantidad de agua tiene que ser diferente en cada caso en por lo menos 100 g.

#### 5. ANÁLISIS

- 5.1. Calcule la cantidad  $Mc = M_{\text{agua}}c_{\text{agua}} + M_{\text{cal}}c_{\text{cal}}$ , para cada caso.
- 5.2. Calcule para cada caso el producto VI ó su promedio  $(\overline{VI})$  y la desviación estándar. Lleve los datos a la tabla correspondiente.
- 5.3. Grafique temperatura T como función del tiempo t. Las tres curvas en una sola gráfica. Por mínimos cuadrados encuentre la pendiente  $m_{\text{exp}}$ , el intercepto A y el coeficiente de correlación r. Lleve sus cálculos a la tabla de datos.
- 5.4. OBSERVE QUE  $Mc = M_{\text{agua}}c_{\text{agua}} + M_{\text{cal}}c_{\text{cal}}$  y  $(\overline{VI})$  están actuando como FACTORES DE ESCALA en el eje de temperatura y de tiempo respectivamente. Así que al multiplicar cada pendiente por Mc y dividirla por  $(\overline{VI})$ , esto nos debe dar el inverso de la constante J en Joules / caloría.

## GUIA DE PRÁCTICAS DE ELECTROMAGNETISMO

- 5.4. Analice la linealidad de la graficas anteriores.
- 5.5. Calcule en cada caso el porcentaje de error en la determinación de  $J_{exp}$  y compárela con el valor conocido ( $J = 4.186$  joules / caloría). Explique las discrepancias.
- 5.6. Dado que no es posible conocer con precisión las masas y capacidades caloríficas de todos los elementos que entran en contacto con el agua, grafique los valores del inverso de la pendiente  $m_{exp}$  encontrados en el paso 5.3 como función de la masa del agua magua.
- 5.7. Halle el valor de la pendiente  $m'$  de esta segunda curva. ¿Qué valor representa el valor hallado? ¿Concuerda con el valor que debemos esperar? Analice su respuesta.

### BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

- [1] **Física tomo II**, R. A. Serway, cap. 28, 3<sup>ra</sup> edición. Editorial McGraw Hill.
- [2] **Física Para Ciencias e Ingeniería**, Tomo 2; Paul A. Tipler
- [3] **Física**; M. Alonso, E. Finn; tomo 2 Editorial Addison Wesley Iberoamericana

## 9. EFECTO JOULE

## TABLAS DE DATOS

Grupo de practica: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Profesor: \_\_\_\_\_

Asistente: \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_

Código: \_\_\_\_\_

Plan: \_\_\_\_\_

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Tabla de datos 7.1a

Masa calorímetro más agua:  ± g		Ti = ± °C Calorímetro = cal/g-°C	
Masa calorímetro:  ± g		Masa del agua:  ± g	
t (s) ±	T (°C) ±	t (s) ±	T (°C) ±
V = ±		m <sub>exp</sub> = ( )	
I = ±		±	
V I = ±			
J <sub>exp</sub> = ± (joule/cal)			

## Cálculos

## GUÍA DE PRÁCTICAS DE ELECTROMAGNETISMO

**Tabla de datos 7.1b**

Masa calorímetro más agua: <div>±g</div>		Ti = ± °C C <sub>calorímetro</sub> = cal/g-°C	
Masa calorímetro: <div>±g</div>		Masa del agua: <div>±g</div>	
t (s) ±	T (°C) ±	t (s) ±	T (°C) ±
V= ±		m <sub>exp</sub> = ( )	
I= ±		±	
V I = ±			
J <sub>exp</sub> = ± (joule/cal)			

**Tabla de datos 7.1c**

Masa calorímetro más agua: <div>±g</div>		Ti = ± °C C <sub>calorímetro</sub> = cal/g-°C	
Masa calorímetro: <div>±g</div>		Masa del agua: <div>±g</div>	
t (s) ±	T (°C) ±	t (s) ±	T (°C) ±
V= ±		m <sub>exp</sub> = ( )	
I= ±		±	
V I = ±			
J <sub>exp</sub> = ± (joule/cal)			



Tabla de datos 7.2

$m_{\text{exp}}$ ( ) $\pm$	$1/m_{\text{exp}}$ ( )	Masa del agua $\pm$ (g)
$m' = \pm$ ( ) $c_{\text{agua}} = \pm$ ( )		

Cálculos

